

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-051092

(43)Date of publication of application : 15.02.2002

(51)Int.Cl.

H04L 27/06
H03D 1/24
H04N 5/455

(21)Application number : 2000-234720

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 02.08.2000

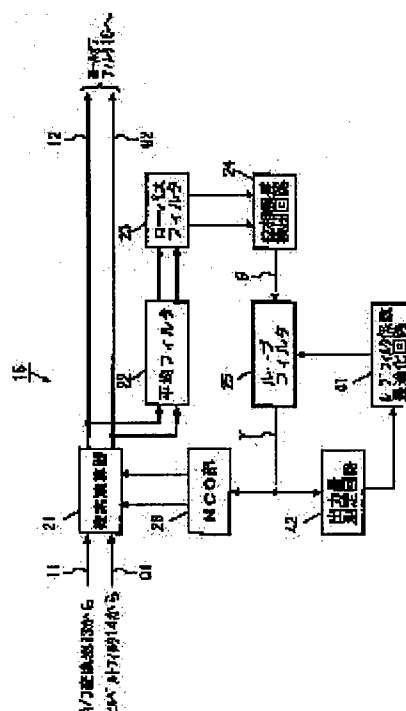
(72)Inventor : AZAGAMI YASUSHI

(54) RESIDUAL SIDEBAND DEMODULATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a VSB demodulator capable of controlling a bit error rate small.

SOLUTION: In a detection part 15, the quantity of fluctuation in an output signal y of a loop filter 25 is measured by an output quantity measuring circuit 42. On the basis of the measured result of the output quantity measuring circuit 42, the direct term coefficient and integration term coefficient of the loop filter 25 are set by a loop filter coefficient optimizing circuit 41 so as to reduce the quantity of fluctuation in the output signal y . Thus, the thermal noise of the VSB demodulator is decreased and the bit error rate is reduced.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-51092

(P2002-51092A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード*(参考)

H 0 4 L 27/06

H 0 4 L 27/06

C 5 C 0 2 5

H 0 3 D 1/24

H 0 3 D 1/24

B 5 K 0 0 4

H 0 4 N 5/455

H 0 4 N 5/455

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-234720(P2000-234720)

(22) 出願日 平成12年8月2日(2000.8.2)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 阿座上 裕史

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100098305

弁理士 福島 祥人 (外1名)

Fターム(参考) 5C025 AA11 DA01

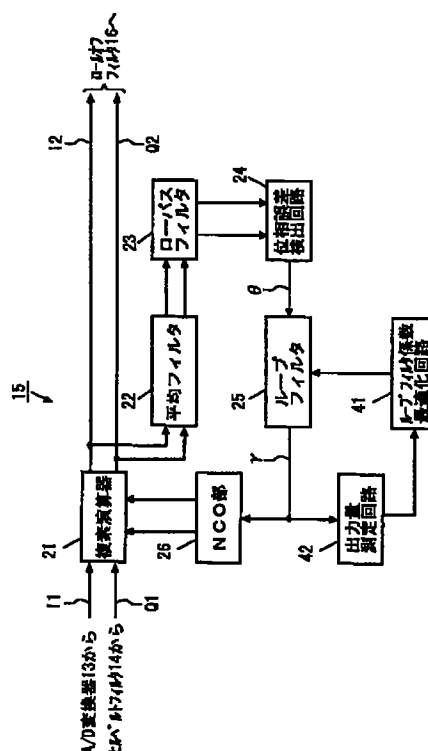
5K004 AA01 AA03 BA02 DF02 DG01

(54) 【発明の名称】 残留側波帯復調装置

(57) 【要約】

【課題】 ビット誤り率を小さくするように調整することができるVSB復調装置を提供する。

【解決手段】 検波部15において、出力量測定回路42によりループフィルタ25の出力信号 γ の変動量を測定する。出力量測定回路42の測定結果に基づいて、ループフィルタ係数最適化回路41により出力信号 γ の変動量が小さくなるようにループフィルタ25の直接項係数および積分項係数を設定する。それにより、VSB復調装置の熱雑音が減少しビット誤り率が減少する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 多値残留側波帯変調信号に応じてそのベースバンド信号の振幅を示す第 1 のデジタル信号および当該第 1 のデジタル信号の直交成分を示す第 2 のデジタル信号を生成する信号生成手段と、
前記信号生成手段から出力された前記第 1 および第 2 のデジタル信号をそれぞれ周波数ずれおよび位相ずれが補償された第 3 および第 4 のデジタル信号に変換する変換手段と、
前記変換手段から出力された前記第 3 および第 4 のデジタル信号の位相誤差を検出して出力する位相誤差検出手段と、
前記位相誤差検出手段の出力信号を濾波して前記変換手段に出力するためのフィルタ特性を変更可能なフィルタ手段と、
前記フィルタ手段の出力信号の変動量を直接的または間接的に検出して検出結果に基づいて前記フィルタ手段のフィルタ特性を変更するフィルタ特性変更手段とを備え、
前記変換手段は前記フィルタ手段の出力信号に基づいて前記第 3 および第 4 のデジタル信号の周波数ずれおよび位相ずれを補償することを特徴とする残留側波帯復調装置。

【請求項 2】 前記フィルタ手段は、
第 1 の係数を示す信号を発生する第 1 の係数発生手段と、
第 2 の係数を示す信号を発生する第 2 の係数発生手段と、
前記位相誤差検出手段の出力信号と前記第 1 の係数発生手段から出力された第 1 の係数を示す信号との乗算を行って乗算結果を出力する第 1 の乗算手段と、
前記位相誤差検出手段の出力信号と前記第 2 の係数発生手段から出力された第 2 の係数を示す信号との乗算を行って乗算結果を出力する第 2 の乗算手段と、
遅延手段と、
前記第 2 の乗算手段の出力信号と前記遅延手段の出力信号とを加算して加算結果を前記遅延手段に出力する第 1 の加算手段と、
前記第 1 の乗算手段の出力信号と前記第 1 の加算手段の出力信号とを加算して加算結果を前記変換手段に出力する第 2 の加算手段とを備え、
前記フィルタ特性変更手段は、前記第 1 および第 2 の係数発生手段により発生される第 1 および第 2 の係数を示す信号の値を変更可能に構成されたことを特徴とする請求項 1 記載の残留側波帯復調装置。

【請求項 3】 前記フィルタ特性変更手段は、前記位相誤差検出手段の出力信号の変動量から前記フィルタ手段の出力信号の変動量を検出することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の残留側波帯復調装置。

【請求項 4】 前記フィルタ特性変更手段は、前記変換

手段から出力された前記第 3 および第 4 のデジタル信号のうちの少なくとも一方に含まれた誤差の平均値から前記フィルタ手段の出力信号の変動量を検出することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の残留側波帯復調装置。

【請求項 5】 所定のロールオフ率を有し、前記変換手段から出力された前記第 3 および第 4 のデジタル信号に帯域制限を行うロールオフフィルタをさらに備え、
前記フィルタ特性変更手段は、前記ロールオフフィルタの出力信号に含まれた誤差の平均値から前記フィルタ手段の出力信号の変動量を検出することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の残留側波帯復調装置。

【請求項 6】 前記変換手段から出力された前記第 3 および第 4 のデジタル信号のうちの少なくとも一方に基づいて多値残留側波帯変調信号の伝送中に生じた歪みを除去する波形等化手段をさらに備え、
前記フィルタ特性変更手段は、前記波形等化手段の出力信号に含まれた誤差の平均値から前記フィルタ手段の出力信号の変動量を検出することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の残留側波帯復調装置。

【請求項 7】 前記変換手段から出力された前記第 3 および第 4 のデジタル信号のうちの少なくとも一方に基づいてビット誤り率を取得するビット誤り率取得手段をさらに備え、
前記フィルタ特性変更手段は、前記ビット誤り率取得手段により得られたビット誤り率に基づいて前記フィルタ手段のフィルタ特性を変更することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の残留側波帯復調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、残留側波帯（以下 VSB と呼ぶ）復調方式を用いた VSB 復調システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の VSB 復調システムでは、アンテナで受信された VSB 変調信号の中から希望するチャネルの VSB 変調信号が選局用チューナにより抽出される。次に、抽出された VSB 変調信号は、ダウンコンバートされて中間周波信号（以下、IF 信号と呼ぶ）に変換される。IF 信号は、VSB 変調信号のシンボル周波数の 2 倍の周波数を持つクロックを用いて A/D（アナログ/デジタル）変換され、アナログ信号からデジタル信号に変換される。このデジタル信号はベースバンド信号の振幅を示している。以下、このデジタル信号を同相成分を示すデジタル信号と呼ぶ。

【0003】この同相成分を示すデジタル信号からヒルベルトフィルタによりその直交成分を示すデジタル信号が生成される。検波部に同相成分および直交成分を示すデジタル信号が与えられ、検波部においてこれらのデジタル信号の周波数ずれおよび位相ずれの補償が行われる。

【0004】検波部から出力された同相成分および直交成分を示すデジタル信号が所定のロールオフ率を有するロールオフフィルタにより帯域制限される。ロールオフフィルタから出力された出力信号から、波形等化器により伝送路で生じた歪みが除去される。波形等化器から出力された出力信号の誤りが誤り訂正回路により訂正され、誤りが訂正されたトランスポートストリーム信号が M P E G (Moving Picture Experts Group) デコード部へ出力される。

【0005】図 12 は従来の V S B 復調システムの検波部 85 の構成を示すブロック図である。

【0006】同相成分および直交成分を示すデジタル信号 I 1 1, Q 1 1 が複素演算器 9 1 に与えられる。複素演算器 9 1 では、後述する数値制御発振器 (以下、N C O 部と呼ぶ) 9 6 から出力された 2 つの信号と、同相成分および直交成分を示すデジタル信号 I 1 2, Q 1 1 とを用いて複素演算が行われる。

【0007】複素演算器 9 1 からは、複素演算により得られた複素数の実成分を示すデジタル信号 I 1 1 および虚成分を示すデジタル信号 Q 1 2 が出力される。複素演算器 9 1 から出力されたデジタル信号 I 1 2, Q 1 2 はロールオフフィルタへ出力されるとともに、平均フィルタ 9 2 へ出力される。平均フィルタ 9 2 により複素演算器 9 1 から出力されたデジタル信号 I 1 2, Q 1 2 がそれぞれ平均化される。平均フィルタ 9 2 により平均化されたそれぞれのデジタル信号から、ローパスフィルタ 9 3 によりパイロット信号が抽出される。

【0008】ローパスフィルタ 9 3 から出力されたパイロット信号から、位相誤差検出回路 9 4 により位相誤差が検出されて位相誤差を示す信号 θ が出力される。

【0009】位相誤差検出回路 9 4 から出力された位相誤差を示す信号 θ はループフィルタ 9 5 で平滑化され、不要な周波数成分が取り除かれる。ループフィルタ 9 5 の出力信号 γ に応じて N C O 部 9 6 で生成された C O S 成分出力信号および S I N 成分出力信号が複素演算器 9 1 に出力される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来の V S B 復調システムでは、ループフィルタ 2 5 の出力信号の変動量が大きいと、V S B 復調システムの熱雑音が増加し、V S B 復調システムのビット誤り率が大きくなる。そこで、ループフィルタ 2 5 の出力信号の変動量を小さくするためにはループフィルタ 2 5 の設定を適正化することが必要になる。しかし、従来の V S B 復調システムではループフィルタ 2 5 の設定を適正化する調整が困難であった。

【0011】本発明の目的は、ビット誤り率を小さくする調整を行うことができる V S B 復調システムを提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】 (1) 第 1 の発明

第 1 の発明に係る残留側波帯復調装置は、多値残留側波帯変調信号からベースバンド信号の振幅を示す第 1 のデジタル信号および当該第 1 のデジタル信号の直交成分を示す第 2 のデジタル信号を生成する信号生成手段と、信号生成手段から出力された第 1 および第 2 のデジタル信号をそれぞれ周波数ずれおよび位相ずれが補償された第 3 および第 4 のデジタル信号を変換する変換手段と、変換手段から出力された第 3 および第 4 のデジタル信号の位相誤差を検出して出力する位相誤差検出手段と、位相誤差検出手段の出力信号を濾波して変換手段に出力するためのフィルタ特性を有するフィルタ手段と、フィルタ手段の出力信号の変動量を直接的または間接的に検出して検出結果に基づいてフィルタ手段のフィルタ特性を変更するフィルタ特性変更手段とを備え、変換手段はフィルタ手段の出力信号に基づいて第 3 および第 4 のデジタル信号の周波数ずれおよび位相ずれを補償するものである。

【0013】本発明の残留側波帯復調装置においては、変換手段から出力された第 3 および第 4 のデジタル信号の位相誤差は位相誤差検出手段により検出される。そして、フィルタ手段により不要な周波数成分が低減された位相誤差検出手段の出力信号に基づいて変換手段により第 3 および第 4 のデジタル信号の周波数ずれおよび位相ずれが補償される。そのため、フィルタ特性変更手段によりフィルタ手段のフィルタ特性を変更して、フィルタ手段の出力信号の変動量が小さくなるように設定することができる。このようにフィルタ特性の調整が行われることにより、残留側波帯復調装置の熱雑音が低減され、ビット誤り率が減少する。

【0014】 (2) 第 2 の発明

第 2 の発明に係る残留側波帯復調装置は、第 1 の発明に係る残留側波帯復調装置の構成において、フィルタ手段は、第 1 の係数を示す信号を発生する第 1 の係数発生手段と、第 2 の係数を示す信号を発生する第 2 の係数発生手段と、位相誤差検出手段の出力信号と第 1 の係数発生手段から出力された第 1 の係数を示す信号との乗算を行って乗算結果を出力する第 1 の乗算手段と、位相誤差検出手段の出力信号と第 2 の係数発生手段から出力された第 2 の係数を示す信号との乗算を行って乗算結果を出力する第 2 の乗算手段と、遅延手段と、第 2 の乗算手段の出力信号と遅延手段の出力信号とを加算して加算結果を遅延手段に出力する第 1 の加算手段と、第 1 の乗算手段の出力信号と第 1 の加算手段の出力信号とを加算して加算結果を変換手段に出力する第 2 の加算手段とを備え、フィルタ特性変更手段は、第 1 および第 2 の係数発生手段により発生される第 1 および第 2 の係数を示す信号の値を変更可能に構成されるものである。

【0015】この場合、第 1 および第 2 の係数を示す信号の値をフィルタ特性変更手段により変更するという簡単な操作によって、フィルタ特性の変更を実現すること

ができる。

【0016】(3)第3の発明

第3の発明に係る残留側波帯復調装置は、第1または第2の発明に係る残留側波帯復調装置の構成において、フィルタ特性変更手段は、位相誤差検出手段の出力信号の変動量からフィルタ手段の出力信号の変動量を検出するものである。

【0017】この場合、位相誤差検出手段の出力信号の変動量が小さくなるようにフィルタ特性変更手段によりフィルタ手段のフィルタ特性を変更することによって、フィルタ手段の出力信号の変動量を小さくすることができる。このようにフィルタ特性の調整が行われることにより、残留側波帯復調装置の熱雑音が低減され、ビット誤り率が減少する。

【0018】(4)第4の発明

第4の発明に係る残留側波帯復調装置は、第1または第2の発明に係る残留側波帯復調装置の構成において、フィルタ特性変更手段は、変換手段から出力された第3および第4のデジタル信号のうちの少なくとも一方に含まれた誤差の平均値からフィルタ手段の出力信号の変動量

を検出するものである。
【0019】この場合、変換手段から出力された第3および第4のデジタル信号のうちの少なくとも一方に含まれた複数の平均値が小さくなるようにフィルタ特性変更手段によるフィルタ手段のフィルタ特性を変更することによって、フィルタ手段の出力信号の変動量を小さくすることができる。このようにフィルタ特性の調整が行われることにより、残留側波帯復調装置の熱雑音が低減され、ビット誤り率が減少する。

【0020】(5)第5の発明

第5の発明に係る残留側波帯復調装置は、第1または第2の発明に係る残留側波帯復調装置の構成において、所定のロールオフ率を有し、変換手段から出力された第3および第4のデジタル信号に帯域制限を行うロールオフフィルタをさらに備え、フィルタ特性変更手段は、ロールオフフィルタの出力信号に含まれた誤差の平均値からフィルタ手段の出力信号の変動量を検出するものである。

【0021】この場合、ロールオフフィルタの出力信号に含まれた誤差の平均値が小さくなるようにフィルタ特性変更手段によりフィルタ手段のフィルタ特性を変更することによって、フィルタ手段の出力信号の変動量を小さくすることができる。このように調整を行うことにより、残留側波帯復調装置の熱雑音が低減され、ビット誤り率が減少する。

【0022】(6)第6の発明

第6の発明に係る残留側波帯復調装置は、第1または第2の発明に係る残留側波帯復調装置の構成において、変換手段から出力された第3および第4のデジタル信号のうちの少なくとも一方に基づいて多値残留側波帯変調信

号の伝送中に生じた歪みを除去する波形等化手段をさらに備え、フィルタ特性変更手段は、波形等化手段の出力信号に含まれた誤差の平均値からフィルタ手段の出力信号の変動量を検出するものである。

【0023】この場合、波形等化手段の出力信号に含まれた複数の平均値が小さくなるようにフィルタ特性変更手段によりフィルタ手段のフィルタ特性を変更することによって、フィルタ手段の出力信号の変動量を小さくすることができる。このようにフィルタ特性の調整が行われることにより、残留側波帯復調装置の熱雑音が低減され、ビット誤り率が減少する。

【0024】(7)第7の発明

第7の発明に係る残留側波帯復調装置は、第1または第2の発明に係る残留側波帯復調装置の構成において、変換手段から出力された第3および第4のデジタル信号のうちの少なくとも一方に基づいてビット誤り率を取得するビット誤り率取得手段をさらに備え、フィルタ特性変更手段は、ビット誤り率取得手段により得られたビット誤り率に基づいてフィルタ手段のフィルタ特性を変更するものである。

【0025】この場合、ビット誤り率取得手段により得られたビット誤り率が小さくなるようにフィルタ特性変更手段によりフィルタ手段のフィルタ特性を変更することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】(実施の形態1)以下、本発明の実施の形態1について図1～図4を用いて説明する。

【0027】実施の形態1についての説明は、発明を実施した一の形態の構成要素の説明、前述の構成要素と特許請求の範囲の用語との対応関係の説明、全体の動作の説明、本実施の形態の効果の説明、ループフィルタの構成の説明、ループフィルタの構成要素と特許請求の範囲の用語との対応関係の説明、ループフィルタの係数の適正化動作の説明の順に行う。

【0028】図1は実施の形態1によるVSB復調システムの構成を示すブロック図である。図1のVSB復調システム1は、選局用チューナ11、ダウンコンバータ12、A/D(アナログ/デジタル)変換器13、ヒルベルトフィルタ14、検波部15、ロールオフフィルタ16、波形等化器17、誤り訂正回路18、発振器19およびクロック再生部20を備える。

【0029】選局用チューナ11は、アンテナ(図示省略)等から与えられる複数のVSB変調信号の中から所望のチャンネルのVSB変調信号を抽出する。ダウンコンバータ12は、選局用チューナ11で抽出されたVSB変調信号の周波数変換を行ってIF(中間周波)信号を出力する。

【0030】A/D変換器13は、後述する発振器19のクロックを用いて、IF信号をデジタルI1信号に変換する。ヒルベルトフィルタ14は、A/D変換器13

から出力されたデジタル信号I1からその直交成分を生成し、デジタル信号Q1として出力する。

【0031】検波部15は、A/D変換器13から出力されたデジタル信号I1およびヒルベルトフィルタ14から出力されたデジタル信号Q1に基づいて、周波数ずれおよび位相ずれの補償されたデジタル信号I2、Q2を出力する。検波部15の構成については後述する。

【0032】ロールオフフィルタ16は、送信側に合わせた所定のロールオフ率を有しており、検波部15から出力されたデジタル信号I2、Q2について帯域制限を行ってそれぞれの信号を加算する。

【0033】波形等化器17は、伝送路を伝送することによって生じた歪みをロールオフフィルタ16の出力信号d1から除去する。誤り訂正回路18は、波形等化器17の出力信号d2について、伝送路を伝送することによって生じた誤りを訂正する。

【0034】水晶発振器19は、シンボル周波数の2倍の周波数を持ったクロックをA/D変換器13に出力す*

$$(A + jB) \times (C + jD) = (AC - BD) + j(AD + BC)$$

ただし、A：A/D変換器13の出力信号

B：ヒルベルトフィルタ14の出力信号

C：NCO部26のCOS成分出力信号

D：NCO部26のSIN成分出力信号

【0038】平均フィルタ22は、複素演算器21から出力されるデジタル信号I2、Q2の平均化を行う。ローパスフィルタ23は平均フィルタ22で平均化されたデジタル信号I2、Q2からそれぞれパイロット信号を抽出できるようフィルタ特性が設定されている。デジタル信号I2から抽出されたものが実成分のパイロット信号であり、デジタル信号Q2から抽出されたものが虚成分のパイロット信号である。

$$\theta = \arctan(y/x)$$

ただし、x：ローパスフィルタ23の実成分のパイロット信号

y：ローパスフィルタ23の虚成分のパイロット信号

【0041】ループフィルタ25は、位相誤差θから必要な周波数成分を抽出し、位相誤差検出回路24から出力された位相誤差を示す信号θを平滑化する。つまり、ループフィルタ25が積分回路を含んでいるため、ループフィルタ25の出力信号からは、高周波成分が除かれ、出力信号は最終的にある範囲内で安定(収束)する。

【0042】NCO部26は、ループフィルタ25の出力信号γに応じ周波数を持つ搬送波を生成し、その位相のsin値およびcos値を示すSIN成分出力信号およびCOS成分出力信号を生成する。

【0043】本実施の形態においては、A/D変換器13およびヒルベルトフィルタ14が信号生成手段を構成し、複素演算器21が変換手段に相当し、位相誤差検出回路24が位相誤差検出手段に相当し、ループフィルタ25がフィルタ手段に相当し、ループフィルタ係数最適

* する。クロック再生部20は、検波部15から出力されたデジタル信号I2、Q2よりVSB変調信号と水晶発振器19のクロックの誤差成分を検出して水晶発振器19にフィードバックする。

【0035】図2は検波部15の構成を示すブロック図である。検波部15は、複素演算器21、平均フィルタ22、ローパスフィルタ23、位相誤差検出回路24、ループフィルタ25、NCO部26、ループフィルタ係数最適化回路41および出力量測定回路42を備える。

【0036】複素演算器21は、A/D変換器13およびヒルベルトフィルタ14から出力されたデジタル信号I1、Q1からなる第1の複素数と、後述するNCO部から与えられるCOS成分出力信号およびSIN成分出力信号からなる第2の複素数との複素演算を行う。複素演算器21で行われる演算を数1に示す。

【0037】

【数1】

※【0039】位相誤差検出回路24は、ローパスフィルタ23から出力された実成分および虚成分のパイロット信号から位相誤差を検出し、検出結果を示す信号θを出力する。なお、符号θは位相誤差および位相誤差を示す信号を表すのに用いている。位相誤差検出回路24では数2に示す式から位相誤差θが検出される。

【0040】

【数2】

化回路41および出力量測定回路42がフィルタ特性変更手段に相当する。

【0044】次に、VSB復調システムの動作について説明する。アンテナ(図示省略)で受信された複数のVSB復調信号の中から、選局用チューナ11により、希望するチャンネルのVSB変調信号が抽出される。次に、選局用チューナ11により抽出されたVSB変調信号は、ダウンコンバータ12によりIF(中間周波)信号に変換される。

【0045】ダウンコンバータ12から出力されたIF信号は、A/D変換器13において、VSB変調信号のシンボル周波数に比べて2倍の周波数を持ったクロックを用いてデジタル信号I1に変換される。このクロックは、水晶発振器19からA/D変換器13に供給される。

【0046】水晶発振器19から出力されるクロック

は、VSB変調信号のシンボルクロックと水晶発振器19から出力されたクロックとの誤差を小さくするようにクロック再生部20によって制御されているので、A/D変換器13において位相の合ったA/D変換が行われる。

【0047】A/D変換器13から出力されたデジタル信号I1は同相成分として検波部15に入力される。また、A/D変換器13から出力されたデジタル信号I1がヒルベルトフィルタ14によって直交成分に変換され、ヒルベルトフィルタ14から出力されたデジタル信号Q1は直交成分として検波部15に入力される。

【0048】検波部15に入力されたデジタル信号I1, Q1は、図2に示す複素演算器21に与えられる。複素演算器21において、デジタル信号I1, Q1からなる第1の複素数と、NCO部26から出力されたCOS成分出力信号を実成分としSIN成分出力信号を虚成分とする第2の複素数の複素演算を行って演算結果の実数分を示すデジタル信号I2と虚数分を示すデジタル信号Q2を平均フィルタ22およびロールオフフィルタ16に出力する。平均フィルタ22後段の検波部15内でのデジタル信号I2, Q2の信号処理動作については後述する。

【0049】検波部15から出力されたデジタル信号I2, Q2について所望のロールオフ率を持つロールオフフィルタ16により帯域制限される。ロールオフフィルタ16から出力された出力信号d1から、波形等化器17により伝送路で生じた歪みが除去される。波形等化器17から出力された出力信号d2の誤りが誤り訂正回路18により訂正され、誤りが訂正されたトランスポートストリーム信号d3がMP EGデコード部(図示省略)へ出力される。

【0050】一方、平均フィルタ22により、複素演算器21から出力されたデジタル信号I2, Q2が平均化されてローパスフィルタ23に与えられ、ローパスフィルタ23でパイロット信号がそれぞれ抽出される。

【0051】位相誤差検出回路24において数2の計算が行われ、デジタル信号I2から抽出されたパイロット信号とデジタル信号Q2から抽出されたパイロット信号に基づいて位相誤差 θ が検出される。検出された位相誤差 θ がループフィルタ25により平滑化され、平滑化された位相誤差 θ がループフィルタ25の出力信号 γ としてNCO部26および出力量測定回路42に出力される。

【0052】NCO部26により、ループフィルタ25の出力信号 γ に基づいてCOS成分出力信号およびSIN成分出力信号が生成されて複素演算器21に出力される。

【0053】一方、ループフィルタ25から出力される出力信号 γ は、出力量測定回路42により測定されている。出力量測定回路42の測定結果に基づいてループフ

ィルタ係数最適化回路41によりループフィルタ25のフィルタ特性を決定する係数が適正に変更されることによって、ループフィルタ25の出力信号 γ の変動量が所定の範囲以下、好ましくは最小値に抑えられる。

【0054】本実施の形態のVSB復調システムによれば、ループフィルタ係数最適化回路41および出力量測定回路42によりループフィルタ25の出力信号 γ の変動量を所定の範囲内に収めるように調整することによって、位相誤差 θ の成分から不要な周波数成分を適切に取り除くことができ、VSB復調システム1の熱雑音を減少させビット誤り率を減少させることができる。

【0055】次に、ループフィルタ25の構成とループフィルタ25の係数の適正化の動作について図3および図4を用いて説明する。図3はループフィルタ25の構成を示すブロック図である。

【0056】図3のループフィルタ25は、直接項係数発生部31、積分項係数発生部32、乗算器33a, 33b、加算器34a, 34bおよび遅延器35を備える。

【0057】直接項係数発生部31および積分項係数発生部32は、図2のループフィルタ係数最適化回路41の出力信号に応じて、それぞれ発生している直接項係数および積分項係数を変化させることができるように構成されている。直接項係数発生部31から出力された直接項係数と位相誤差検出回路24から出力された位相誤差 θ との積が乗算器33aにおいて計算され、乗算結果が加算器34aに出力される。

【0058】一方、積分項係数発生部32から出力された積分項係数と位相誤差検出回路24から出力された位相誤差 θ との積が乗算器33bにおいて計算されて、乗算結果が加算器34bに出力される。

【0059】加算器34bにおいては、乗算器33aから出力された乗算結果と遅延器35の出力信号との和が計算され、加算結果が加算器34aに出力される。この遅延器35の出力信号は、加算器34bの出力信号を所定時間だけ遅延させて得られる。

【0060】乗算器33aから出力された出力信号と加算器34bから出力された出力信号との和が加算器34aにより計算され、その加算結果がループフィルタ25の出力信号 γ としてNCO部26および出力量測定回路42に出力される。

【0061】本例において、直接項係数発生部31が第1の係数発生手段に相当し、積分項係数発生部32が第2の係数発生手段に相当し、乗算器33a, 33bが第1および第2の乗算手段に相当し、加算器34aが第2の加算手段に相当し、加算器34bが第1の加算手段に相当し、遅延器35が遅延手段に相当する。

【0062】図4はループフィルタ係数最適化回路41の動作を示すフローチャートである。出力量測定回路42は、ループフィルタ25の出力信号 γ の値を測定する

10

20

30

40

50

(ステップS1)。

【0063】出力量測定回路42は、ループフィルタ25の出力信号 y の測定結果を(N-1)回分保持しており、ステップS1で測定された出力信号 y の値を加えてN回分の出力信号 y の測定結果の和を計算する(ステップS2)。

【0064】出力量測定回路42は、ステップS2で得られたN回分の出力信号 y をNで除して出力信号 y の平均値を求める(ステップS3)。

【0065】出力量測定回路42は、ステップS3で求められたN回分の出力信号 y の平均値と新たに測定された出力信号 y との差から出力信号 y の変動量を算出し、ループフィルタ係数最適化回路41に出力する(ステップS5)。

【0066】ループフィルタ係数最適化回路41は、既に測定された所定数の出力信号 y の変動量を保持しており、所定数の出力信号 y の変動量にステップS5で算出された変動量を加えてそれらの合計を総数で除算し、出力量測定回路42から出力されたループフィルタ25の出力信号 y の変動量の平均値を認識する(ステップS6)。

【0067】ループフィルタ係数最適化回路41は、ループフィルタ25の出力信号 y の変動量の平均値が所定の範囲に収まっているか否かの判断を行う(ステップS7)。

【0068】ステップS7で、出力信号 y の変動量の平均値が所定の範囲に入っていない場合には、ステップS8に進み、直接項係数の値を変更する。ステップS9で積分項係数の値を変更してステップS1に戻る。そして、出力の変動量の平均値が所定の範囲に入っている場合には動作を終了する。

【0069】(実施の形態2)次に、本発明の実施の形態2によるVSB復調システムについて説明する。実施の形態2のVSB復調システムは、実施の形態1のVSB復調システムと同様に図1の構成を備えている。

【0070】図5は実施の形態2のVSB復調システムの検波部の構成を示すブロック図である。実施の形態2のVSB復調システムは、図5に示す検波部15の構成が図2に示す実施の形態1のVSB復調システムの検波部15の構成と異なっており、出力量測定回路42が位相誤差検出回路24の出力信号 θ の測定を行うよう構成されている。

【0071】出力量測定回路42の測定対象以外は、図5に示す実施の形態2のVSB復調システムの検波部15と図2に示す実施の形態1のVSB復調システムの検波部15とで同じ構成になっている。そして、図5の検波部15を備える実施の形態2のVSB復調システムの動作は、ループフィルタ25の出力信号 y の変動量を小さくするためのループフィルタ係数最適化回路41と出力量測定回路42の動作を除き、実施の形態1のVSB

復調システムの動作と同じである。

【0072】図5の検波部15においては、位相誤差検出回路24から出力される位相誤差を示す信号 θ は、出力量測定回路42により測定されており、出力量測定回路42の測定結果に基づいてループフィルタ25のフィルタ特性を決定する係数がループフィルタ係数最適化回路41により適正に変更される。それによって、ループフィルタ25の出力信号 y の変動量が所定の値以下、好ましくは最小値に抑えられる。

【0073】次に、ループフィルタ係数最適化回路41および出力量測定回路42の動作について説明する。

【0074】出力量測定回路42において、位相誤差検出回路24から出力された位相誤差を示す信号 θ の測定が行われる。出力量測定回路42は、既に行った位相誤差検出回路24の位相誤差を示す信号 θ の測定結果を(N-1)回分保持している。

【0075】出力量測定回路42において、上述の測定結果を加えてN回分の位相誤差を示す信号 θ の測定結果の加算が行われる。このN回分の加算結果はNで除されて位相誤差を示す信号 θ の平均値が求められる。

【0076】出力量測定回路42において、N回分の位相誤差を示す信号 θ の平均値と新たに測定された位相誤差を示す信号 θ との差から、位相誤差を示す信号 θ の変動量が算出されループフィルタ係数最適化回路41に出力される。

【0077】次に、ループフィルタ係数最適化回路41において、出力量測定回路42から出力された位相誤差検出回路24から出力された位相誤差を示す信号 θ の変動量に基づいて位相誤差を示す信号 θ の変動量の平均値が認識され、位相誤差を示す信号 θ の変動量の平均値について所定の範囲に納まっているか否かの判断が行われる。ループフィルタ係数最適化回路41は、変動量の平均値を認識するために、既に出力量測定回路42から出力された位相誤差を示す信号 θ の変動量を保持している。

【0078】位相誤差を示す信号 θ の変動量の平均値が所定の範囲に入っている場合には、出力量測定回路42およびループフィルタ係数最適化回路41によるループフィルタ25の係数の変更動作が終了する。

【0079】もし、位相誤差を示す信号 θ の変動量の平均値が所定の範囲に入っていない場合には、ループフィルタ25の直接項係数および積分項係数の値をループフィルタ係数最適化回路41が変更してループフィルタ25の出力信号の測定が行われ、ループフィルタ25の係数の変更動作が継続される。

【0080】本実施の形態のVSB復調システムによれば、位相誤差検出回路24から出力される位相誤差を示す信号 θ の変動量を所定の範囲内に収めることにより、ループフィルタ25の出力信号 y の変動量を所定の範囲内に収めることができ、位相誤差 θ の成分から不要な周

波数成分を適切に取り除くことができる。それにより、VSB復調システム1の熱雑音が減少しビット誤り率が減少する。

【0081】(実施の形態3)次に、本発明の実施の形態3によるVSB復調システムについて説明する。実施の形態3のVSB復調システムは、実施の形態1のVSB復調システムと同様に図1の構成を備えている。

【0082】図6は実施の形態3のVSB復調システムの検波部の構成を示すブロック図である。実施の形態3のVSB復調システムは、図6に示す検波部15の構成が図2に示す実施の形態1のVSB復調システムの検波部15と異なっており、ループフィルタ係数最適化回路41が誤差平均値測定回路61の測定結果に基づいてループフィルタ25のフィルタ特性を決める係数を変更するように構成されている。

【0083】誤差平均値測定回路61以外は、図6に示す実施の形態3のVSB復調システムの検波部15と、図2に示す実施の形態1のVSB復調システムの検波部15とが同じ構成である。そして、図6の検波部15を備えた実施の形態3のVSB復調システムの動作は、ループフィルタ25の出力信号 γ の変動量を小さくするためのループフィルタ係数最適化回路41および誤差平均値測定回路61による動作を除き、実施の形態1のVSB復調システムの動作と同じである。

【0084】図6の検波部15の誤差平均値測定回路61は、複素演算器21から出力されたデジタル信号I2が示すベースバンド信号の振幅を取得する。そして、誤差平均値測定回路61は複素演算器21のデジタル信号I2が示すベースバンド信号の振幅に含まれる、マッピングの基準値に対する誤差の平均値を計算する。

【0085】ループフィルタ係数最適化回路41は、誤差平均値測定回路61で計算された誤差の平均値が小さくなるように直接項係数および積分項係数を変更する。ループフィルタ係数最適化回路41および誤差平均値測定回路61において、誤差の平均値の計算と直接項係数および積分項係数の変更とが繰り返し行われ、誤差の平均値が最小になるような直接項係数および積分項係数の設定が行われる。

【0086】本実施の形態においては、ループフィルタ係数最適化回路41および誤差平均値測定回路61がフィルタ係数変更手段に相当する。

【0087】図7は誤差平均値測定回路61の動作を示すフローチャートである。誤差平均値測定回路61において、複素演算器21のデジタル信号I2からベースバンド信号の振幅が取得される(ステップS11)。

【0088】例えば、 ± 1 、 ± 3 、 ± 5 および ± 7 の8値のマッピングが規定されている場合、マッピングの基準値を10ビットで表現すれば、それぞれ ± 34 、 ± 102 、 ± 170 および ± 238 となる。誤差平均値測定回路61においては、複素演算器21のデジタル信号I

2が示すベースバンド信号の振幅がマッピング値の ± 34 、 ± 102 、 ± 170 および ± 238 のいずれに近いかが判断される(ステップS12)。

【0089】ステップS12で最も近いと判断されたマッピングの基準値とデジタル信号I2が示す値との差が誤差として計算される(ステップS13)。

【0090】ステップS14において、ステップS13で計算された誤差と、既に蓄積してあった(N-1)回分とを合わせてN回分の誤差の平均値を算出する。

【0091】誤差平均値測定回路61からループフィルタ係数最適化回路41にN回分の誤差の平均値が出力される(ステップS15)。

【0092】ループフィルタ係数最適化回路41において、誤差平均値測定回路61から出力された誤差の平均値と既に求められていた誤差の平均値との比較が行われる。例えば、直接項係数および積分項係数を小さくすることによって誤差の平均値が前回求められた誤差の平均値より小さくなった場合にはさらに直接項係数および積分項係数を小さくし、逆に大きくなった場合には直接項係数および積分項係数を大きくする。このような動作を繰り返して誤差の平均値が最小となるループフィルタ25の直接項係数および積分項係数の設定が行われる。

【0093】本実施の形態のVSB復調システムによれば、ループフィルタ係数最適化回路41および誤差平均値測定回路61によりループフィルタ25の直接項係数および積分項係数の設定が適正化され、複素演算器21のデジタル信号I2が示すベースバンド信号の振幅に含まれる、マッピングの基準値に対する誤差の平均値を小さく、好ましくは最小にすることができる。それにより、ループフィルタ25の出力信号 γ の変動量が小さくなり、VSB復調システム1の熱雑音が減少しビット誤り率が減少する。

【0094】(実施の形態4)次に、本発明の実施の形態4によるVSB復調システムについて説明する。実施の形態4のVSB復調システムは、実施の形態1のVSB復調システムと同様に図1の構成を備えている。

【0095】図8は実施の形態4のVSB復調システムの検波部の構成を示すブロック図である。実施の形態4のVSB復調システムは、図8に示す検波部15の構成が図6に示す実施の形態3のVSB復調システムの検波部15の構成と異なっており、誤差平均値測定回路61がローパスフィルタ16の出力信号の測定を行うように構成されている。

【0096】誤差平均値測定回路61の測定対象以外は、図8に示す実施の形態4のVSB復調システムの検波部15と図6に示す実施の形態3のVSB復調システムの検波部15とが同じ構成を有している。そして、図8の検波部15を備えた実施の形態4のVSB復調システムの動作は、ループフィルタ25の出力信号 γ の変動量を小さくするためのループフィルタ係数最適化回路4

10

20

30

40

50

1 と誤差平均値測定回路 6 1 の動作を除き、実施の形態 3 の V S B 復調システムと同じである。

【0097】図 8 の検波部 1 5 において、ロールオフフィルタ 1 6 から出力される出力信号 d 1 に基づいて誤差の平均値が誤差平均値測定回路 6 1 により測定されている。誤差平均値測定回路 6 1 の測定結果に基づいてループフィルタ 2 5 のフィルタ特性を決定する係数がループフィルタ係数最適化回路 4 1 により適正に変更される。それによって、ループフィルタ 2 5 の出力信号 γ の変動量が所定の値以下、好ましくは最小値に抑えられる。

【0098】次に、ループフィルタ係数最適化回路 4 1 および誤差平均値測定回路 6 1 の動作について説明する。誤差平均値測定回路 6 1 において、ロールオフフィルタ 1 6 の出力信号 d 1 の測定が行われる。誤差平均値測定回路 6 1 は、ロールオフフィルタ 1 6 の出力信号 d 1 の測定結果を (N-1) 回分保持しており、上述の測定結果を加えて N 回分の出力信号 d 1 の測定結果の加算が行われる。この N 回分の加算結果は N で除されて出力信号 d 1 の平均値が求められ、ループフィルタ係数最適化回路 4 1 に出力される。

【0099】ループフィルタ係数最適化回路 4 1 において、誤差平均値測定回路 6 1 から出力された誤差の平均値と過去において既に求められていた誤差の平均値との比較が行われる。例えば、直接項係数および積分項係数を小さくすることによって誤差の平均値が前回求められた誤差の平均値より小さくなった場合にはさらに直接項係数および積分項係数を小さくし、逆に大きくなった場合には直接項係数および積分項係数を大きくする。このような動作を繰り返して誤差の平均値が最小となるループフィルタ 2 5 の直接項係数および積分項係数の設定が行われる。

【0100】本実施の形態の V S B 復調システムによれば、ループフィルタ係数最適化回路 4 1 および誤差平均値測定回路 6 1 により、ロールオフフィルタ 1 6 の出力信号が示すベースバンド信号の振幅に含まれる、マッピングの基準値に対する誤差の平均値を最小にすることができる。それにより、V S B 復調システム 1 の熱雑音が減少しビット誤り率が減少する。

【0101】(実施の形態 5) 次に、本発明の実施の形態 5 による V S B 復調システムについて図 9 を用いて説明する。

【0102】図 9 に示す実施の形態 5 の V S B 復調システムの検波部 1 5 の構成は、図 6 に示す実施の形態 3 の V S B 復調システムの検波部 1 5 と異なっており、誤差平均値測定回路 6 1 が図 1 に示す波形等化器 1 7 の出力信号 d 2 の測定を行っている。誤差平均値測定回路 6 1 以外の構成は、実施の形態 5 の V S B 復調システムと実施の形態 3 の V S B 復調システムとで同じになっている。そして、図 9 の検波部 1 5 を備えた実施の形態 5 の V S B 復調システムの動作は、ループフィルタ 2 5 の出

力信号 γ の変動量を小さくするためのループフィルタ係数最適化回路 4 1 と誤差平均値測定回路 6 1 の動作を除き、実施の形態 4 の V S B 復調システムの動作と同じである。

【0103】図 9 の検波部 1 5 において、図 1 に示す波形等化器 1 7 から出力される出力信号 d 2 に基づいて誤差の平均値が誤差平均値測定回路 6 1 により測定される。誤差平均値測定回路 6 1 の測定結果に基づいてループフィルタ 2 5 のフィルタ特性を決定する係数がループフィルタ係数最適化回路 4 1 により適正に変更される。それによって、ループフィルタ 2 5 の出力信号 γ の変動量が所定の値以下、好ましくは最小値に抑えられる。

【0104】本実施の形態において、波形等化器 1 7 が波形等化手段に相当する。次に、ループフィルタ係数最適化回路 4 1 および誤差平均値測定回路 6 1 の動作について説明する。

【0105】まず、誤差平均値測定回路 6 1 において、波形等化器 1 7 の出力信号 d 2 の測定が行われる。その測定結果からベースバンド信号の振幅が求められ、マッピングの基準値に対する誤差が誤差平均値測定回路 6 1 により計算される。誤差平均値測定回路 6 1 により、波形等化器 1 7 の出力信号 d 2 が示すベースバンド信号の振幅に含まれる誤差の計算結果を (N-1) 回分保持しており、上述の計算結果を加えて N 回分の出力信号 d 2 の測定結果の加算が行われる。誤差平均値測定回路 6 1 により、この N 回分の加算結果が N で除されて誤差の平均値が求められ、ループフィルタ係数最適化回路 4 1 に出力される。

【0106】ループフィルタ係数最適化回路 4 1 において、誤差平均値測定回路 6 1 から出力された誤差の平均値と過去において既に求められていた誤差の平均値との比較が行われる。例えば、直接項係数および積分項係数を小さくすることによって誤差の平均値が前回求められた誤差の平均値より小さくなった場合にはさらに直接項係数および積分項係数を小さくし、逆に大きくなった場合には直接項係数および積分項係数を大きくする。このような動作を繰り返して誤差の平均値が最小となるループフィルタ 2 5 の直接項係数および積分項係数の設定が行われる。

【0107】本実施の形態の V S B 復調システムによれば、ループフィルタ係数最適化回路 4 1 および誤差平均値測定回路 6 1 によりループフィルタ 2 5 の直接項係数および積分項係数の設定が適正化され、波形等化器 1 7 の出力信号 d 3 が示すベースバンド信号に含まれる、マッピングの基準値に対する誤差の平均値を最小にすることができる。それにより、ループフィルタ 2 5 の出力信号 γ の変動量が小さくなり、V S B 復調システム 1 の熱雑音が減少しビット誤り率が減少する。なお、上記実施の形態において、波形等化器 1 7 は、検波部 1 5 のデジタル信号 I 2、Q 2 の両方に基づいて多値 V S B 変調信

10

20

30

40

50

号の伝送中に生じた歪みの除去を行っているが、いずれか一方に基づいて行ってもよい。

【0108】（実施の形態6）次に、本発明の実施の形態6によるVSB復調システムについて図10および図11を用いて説明する。

【0109】実施の形態6のVSB復調システムは、図10に示す検波部15の構成が図2に示す実施の形態1のVSB復調システムの検波部15と異なっており、ループフィルタ係数最適化回路41がビット誤り率測定回路71の測定結果に基づいてループフィルタ25のフィルタ特性を決める係数を変更する。

【0110】ビット誤り率測定回路71以外の構成については、実施の形態6のVSB復調システムと実施の形態1のVSB復調システムの検波部15とで同じになっている。そして、図10の検波部15を備えた実施の形態6のVSB復調システムの動作は、ループフィルタ25の出力信号 y の変動量を小さくするためのループフィルタ係数最適化回路41およびビット誤り率測定回路71による動作を除き、実施の形態1のVSB復調システムの動作と同じである。

【0111】そこで、実施の形態6のVSB復調システムについては、ビット誤り率測定回路71の機能ならびにループフィルタ係数最適化回路41およびビット誤り率測定回路71の動作について説明する。

【0112】図10の検波部15のビット誤り率測定回路71は、誤り訂正回路18から所定期間に出力された出力信号 d 3から誤り数を測定してビット誤り率を計算する。

【0113】ループフィルタ係数最適化回路41は、ビット誤り率測定回路71で計算されたビット誤り率の平均値が小さくなるように直接項係数および積分項係数を変更する。ループフィルタ係数最適化回路41およびビット誤り率測定回路71においてビット誤り率の平均値の計算と直接項係数および積分項係数の変更を繰り返してビット誤り率が所定値以下、好ましくは零になるような直接項係数および積分項係数の設定を行う。

【0114】本実施の形態においては、ビット誤り率測定回路71がビット誤り率測定手段に相当する。

【0115】図11はビット誤り率測定回路71の動作を示すフローチャートである。ビット誤り率測定回路71において、誤り訂正回路18の出力信号 d 3から所定時間当たりの誤り数が測定される（ステップS21）。

【0116】ステップS21で測定された誤り数が所定時間の全体のデータ数で除算されてビット誤り率が導かれる。（ステップS22）。

【0117】ビット誤り率測定回路71からループフィルタ係数最適化回路41にビット誤り率が出力される（ステップS23）。

【0118】ループフィルタ係数最適化回路41において、ビット誤り率測定回路71から出力されたビット誤

り率と所定値との比較が行われる。ビット誤り率が所定値よりも大きければ、ループフィルタ係数最適化回路41により、直接項係数および積分項係数を変更してビット誤り率の測定を再び行う。上記のような動作を繰り返してビット誤り率が所定の値以下、好ましくは零になるようにループフィルタ25の直接項係数および積分項係数の設定が行われる。

【0119】本実施の形態のVSB復調システムによれば、ループフィルタ係数最適化回路41およびビット誤り率測定回路71により、ビット誤り率の平均値の計算と直接項係数および積分項係数の変更を繰り返してビット誤り率を所定値以下にすることができる。なお、ビット誤り率は画像評価しきい値（TOV）である 3×10^{-6} 以下にすることが好ましく、零にすることがさらに好ましい。なお、上記実施の形態において、ビット誤り率測定回路71は、検波部15のデジタル信号I2、Q2の両方に基づいてビット誤り率を取得しているが、いずれか一方に基づいて行ってもよい。

【0120】

【発明の効果】以上のように本発明のVSB復調システムによれば、フィルタ特性変更手段によりフィルタ手段のフィルタ特性を変更して、フィルタ手段の出力信号の変動量が小さくなるように設定することができる。このようにフィルタ特性の調整が行われることにより、残留側波帯復調装置の熱雑音が低減され、ビット誤り率が減少する。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態1におけるVSB復調システムの構成を示すブロック図

【図2】実施の形態1におけるVSB復調システムを構成する検波部のブロック図

【図3】ループフィルタの構成を示すブロック図

【図4】図2の検波部の動作を説明するためのフローチャート

【図5】実施の形態2におけるVSB復調システムを構成する検波部のブロック図

【図6】実施の形態3におけるVSB復調システムを構成する検波部のブロック図

【図7】図6の検波部の動作を説明するためのフローチャート

【図8】実施の形態4におけるVSB復調システムを構成する検波部のブロック図

【図9】実施の形態5におけるVSB復調システムを構成する検波部のブロック図

【図10】実施の形態6におけるVSB復調システムを構成する検波部のブロック図

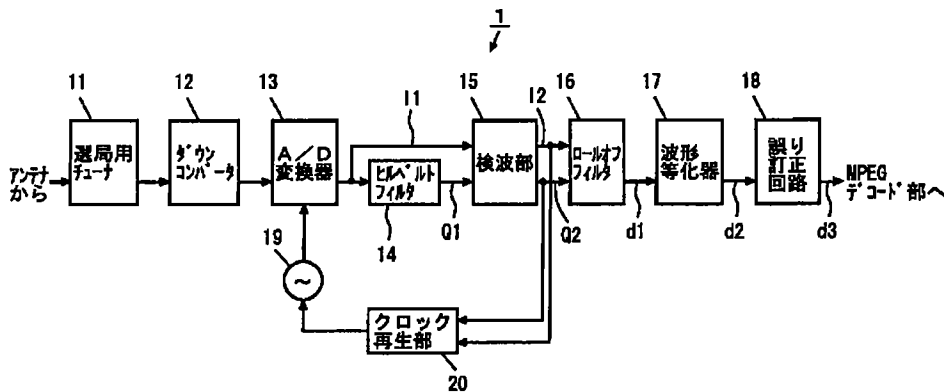
【図11】図10の検波部の動作を説明するためのフローチャート

【図12】従来のVSB復調システムを構成する検波部のブロック図

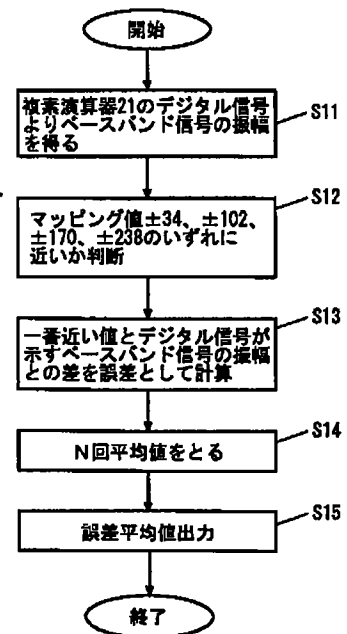
【符号の説明】

- | | | | |
|----|------------|------|----------------|
| 1 | VSB復調システム | * 25 | ループフィルタ |
| 15 | 検波部 | 26 | NCO部 |
| 16 | ローloffフィルタ | 31 | 直接項係数発生部 |
| 17 | 波形等化器 | 32 | 積分項係数発生部 |
| 18 | 誤り訂正回路 | 41 | ループフィルタ係数最適化回路 |
| 21 | 複素演算器 | 42 | 出力量測定回路 |
| 24 | 位相誤差検出回路 | 61 | 誤差平均値測定回路 |
| | | * 71 | ビット誤り率測定回路 |

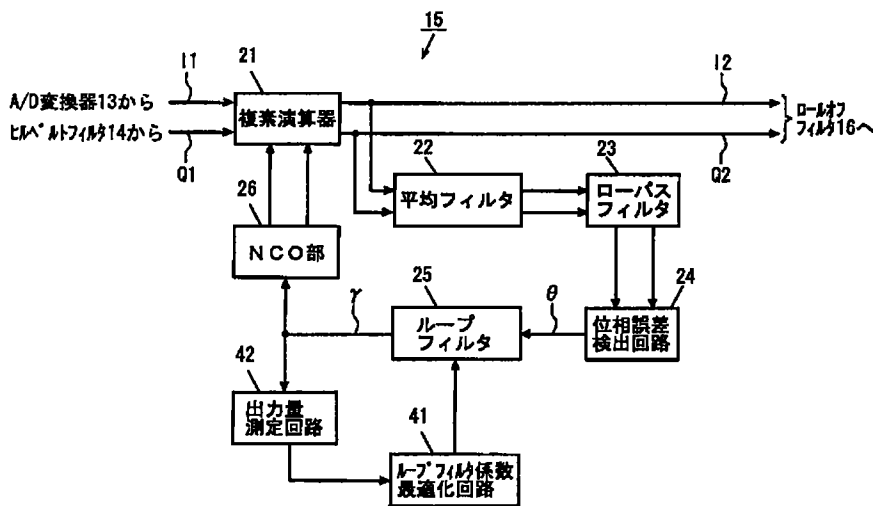
【図1】



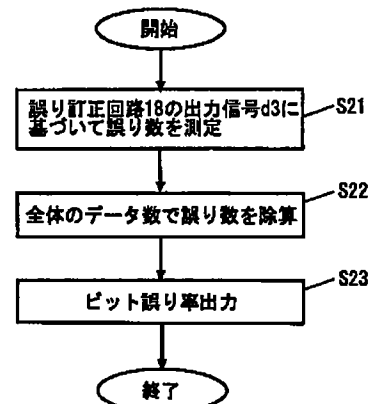
【図7】



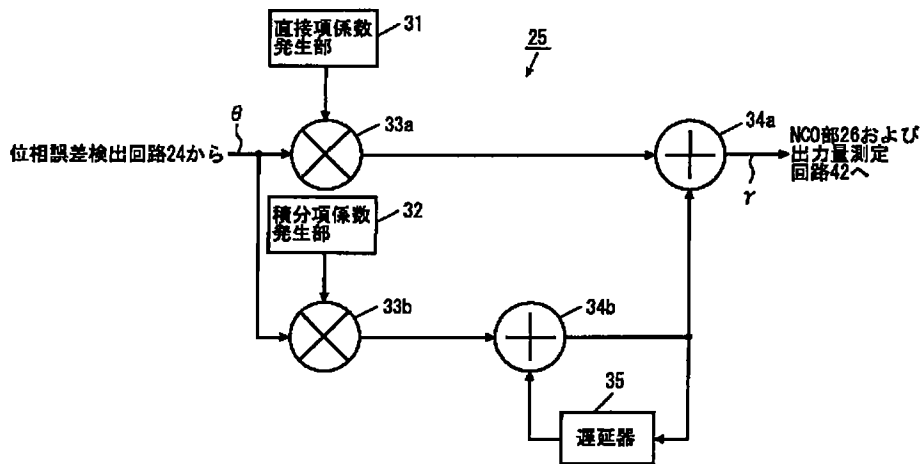
【図2】



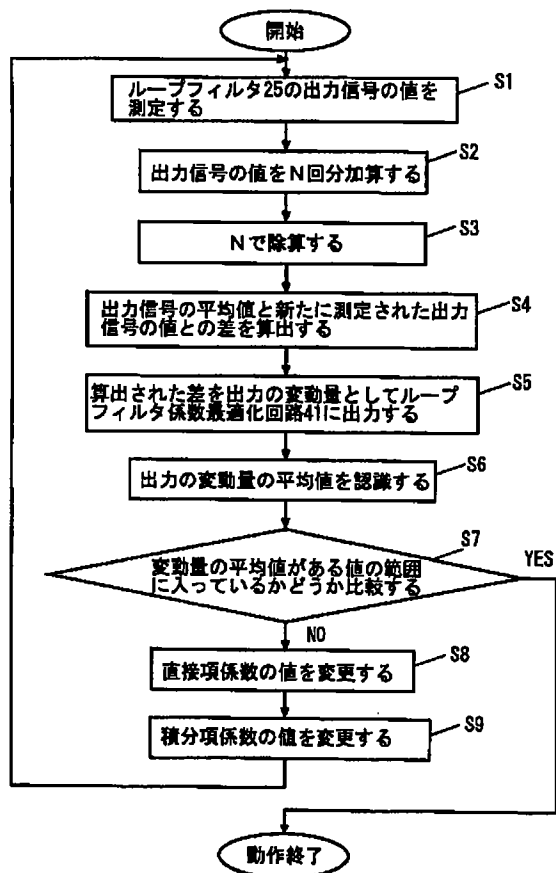
【図11】



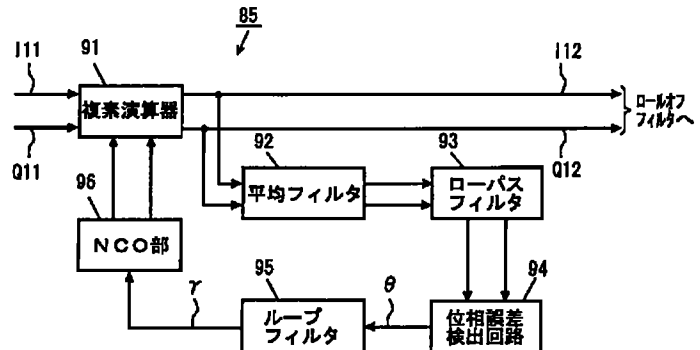
【図3】



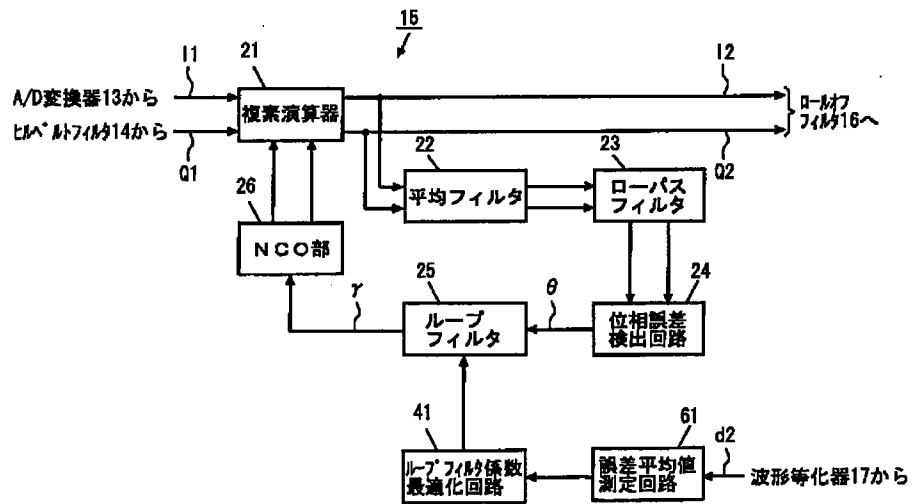
【図4】



【図12】



【図9】



【図10】

